



# SEMINARARBEIT

Rau kaufen, glatt verkaufen

ausgeführt am

Institut für Finanz- und Versicherungsmathematik  
TU Wien

unter der Anleitung von  
Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Stefan Gerhold

durch Julia Mitiszek  
Matrikelnummer: 11702836

Wien, am 5. November 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Realisierte und implizite Rauheit</b>	<b>3</b>
2.1	realisierte Rauheit . . . . .	3
2.2	implizite Rauheit . . . . .	4
2.3	Deskriptive Statistik der realisierten und impliziten Rauheit . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Sortierte Portfolios</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Controlling für andere Faktoren</b>	<b>14</b>
4.1	Liquidität . . . . .	14
4.2	Implizite Volatilität und Schiefe . . . . .	16
4.3	Doppelte Sortierung . . . . .	16
<b>5</b>	<b>Ereignisrisiko: Gewinnankündigungen und FOMC-Sitzungen</b>	<b>19</b>
5.1	Gewinnankündigungen . . . . .	19
5.1.1	Prüfung auf Vorhersehbarkeit von Gewinnankündigungen . . . . .	19
5.1.2	Leistungsstrategie in der Nähe von Gewinnankündigungen . . . . .	20
5.2	Leistungsstrategie in der Nähe von FOMC-Ankündigungen . . . . .	22
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>25</b>

# 1 Einleitung

Grundlage dieser Arbeit ist das Paper *Buy Rough, Sell Smooth* von Paul Glassermann und Pu He.[1]

Eine kürzlich durchgeführte Studie hat Hinweise darauf gefunden, dass die Volatilität<sup>1</sup> der Aktienpreise rau ist. In diesem Zusammenhang bedeutet das, dass die Entwicklung der Volatilität rauer ist als die Wege der gewöhnlichen Brownschen Bewegung<sup>2</sup>. Der Beweis für die raue Volatilität stammt aus zwei Quellen: dem Zeitreihenverhalten der realisierten Volatilität und einer empirischen Regelmäßigkeit der options-impliziten Volatilität bei kurzen Kaufzeiten, die sich gut durch die Rauheit erklären lassen.

Raue Modelle der stochastischen Volatilität ersetzen eine gewöhnliche Brownsche Bewegung, die die Dynamik der Volatilität antreibt, durch eine gebrochene Brownsche Bewegung. Empirische Schätzungen finden hier Parameter, die kleiner als  $\frac{1}{2}$  sind. Diese Schätzungen werden als Maß für die realisierte Rauheit bezeichnet.

Unter impliziter Rauheit versteht man Schätzungen, die aus Optionspreisen extrahiert wurden. Implizite Volatilitäten aus Aktien-Put-Optionen sind normalerweise verzerrt, das heißt, dass sie bei geringeren Ausfällen, also insbesondere bei kurzen Laufzeiten, größer sind. Aber die Steigung dieser Verzerrung nimmt normalerweise schnell ab, wenn sich die Laufzeit verlängert. Raue Volatilitätsmodelle erfassen diese Eigenschaft. Aktien mit größerer realisierter Rauheit zeigen einen schnelleren mittleren Rückgang der Volatilität; Aktien mit größerer impliziter Rauheit zeigen einen schnelleren Rückgang ihrer impliziten Volatilitätsverschiebung.

Die Implikationen dieser empirischen Regelmäßigkeiten haben über die Optionsmärkte hinaus wenig Beachtung gefunden. In dem Paper von Paul Glassermann und Pu He wird versucht, die möglichen Gründe und Folgen einer rauen Volatilität zu beleuchten, indem eine Handelsstrategie untersucht wird, deren Aktien auf der Rauheit der Volatilität basieren. Aktien werden basierend auf Messungen der realisierten oder impliziten Rauheit sortiert und analysieren eine Strategie, die das raueste Quintil<sup>3</sup> lang und das glatteste Quintil kurz handelt. Bei einer Sortierung nach impliziter Rauheit erzielt die Strategie nach der Kontrolle von Standardfaktoren Überrenditen von 6% oder mehr. Die Strategie, die auf der realisierten Rauheit basiert, erzielt etwas geringere Erträge und ist gegenüber Standardkontrollen weniger robust. Diese Ergebnisse haben mehrere Auswirkungen. Erstens zeigen sie, dass die Rauheit für die Aktienrendite von Bedeutung ist und nicht nur ein Merkmal der Optionsmärkte. Zweitens weisen sie auf mögliche Unterschiede zwischen impliziter und realisierter Rauheit hin, obwohl beide theoretisch übereinstimmen sollten. Drittens wird argumentiert, dass die Rentabilität<sup>4</sup> der impliziten rau-minus-glatt Strategie die Kompensation für das kurzfristige idiosynkratische Ereignisrisiko<sup>5</sup> widerspiegelt. Der rasche Rückgang der impliziten Volatilitätsschiefe in Verbindung mit der impliziten

---

<sup>1</sup>Schwankung von Preisen, Aktienkursen, Märkten usw. [2]

<sup>2</sup>Eine brownsche Bewegung (auch Wienerprozess genannt) ist ein zeitstetiger stochastischer Prozess, der normalverteilte, unabhängige Zuwächse hat. [4]

<sup>3</sup>Ein Quintil ist ein statistischer Wert eines Datensatzes, der 20% einer bestimmten Population darstellt. [3]

<sup>4</sup>Die Rentabilität ist eine betriebswirtschaftliche Kennziffer zur Erfassung des finanziellen Erfolges (Gewinn) eines Unternehmens, gemessen am eingesetzten Kapital. [7]

<sup>5</sup>idiosynkratisches Risiko: geht von einem einzelnen Unternehmen bzw. Emittenten aus [5]

Rauheit deutet auf eine kurzfristige Abwärtsunsicherheit hin, die sich schnell auflösen wird. Diese Interpretation wird unterstützt, indem die Leistung der Strategie in der Nähe von zwei Arten von Ereignissen untersucht wird: die Strategie erzielt höhere Erträge in der Nähe von Gewinnankündigungen (die hauptsächlich die unternehmensspezifische Unsicherheit auflöst) und niedrigere Erträge in der Nähe von Zinssatzankündigungen der Federal Reserve<sup>6</sup> (die die marktweite Unsicherheit auflöst). In dieser Arbeit wird die Ansicht vertreten, dass ein positiver Zusammenhang zwischen Rauheit und Illiquidität<sup>7</sup> besteht; es wird jedoch auch festgestellt, dass die Kontrolle der Illiquidität die Wahrscheinlichkeit der impliziten Strategie zwar verringert, aber nicht beseitigt. Die Ergebnisse stellen einen interessanten Kontrast zu den Arbeiten von Xing, Zhang und Zhao [17] dar. Diese stellen fest, dass ein steiler Anstieg negative Gewinnankündigungen voraussagt. Dieses Muster unterstützt eine Strategie des Kaufs von Aktien mit geringer Schiefe und des Verkaufs von Aktien mit steilerer Schiefe.

Abschnitt 2 bietet Hintergrundinformationen über die realisierte und die implizite Rauheit und erklärt die Verfahren, die zur Schätzung beider Größen verwendet werden. In Abschnitt 3 wird die Leistung von Strategien bewertet, die jeden Monat das raueste Quintil der Bestände kaufen und das glatteste Quintil der Bestände verkürzen. Die Strategie wird unter Verwendung von realisierten und impliziten Messungen der Rauheit bewertet, nachdem diese auf Standardfaktoren kontrolliert wurden. In Abschnitt 4 wird auf zusätzliche Faktoren kontrolliert. In Abschnitt 5 wird festgestellt, dass die Leistung der Strategie verbessert wird, wenn sie auf Aktien mit Gewinnankündigungen im Folgemonat beschränkt wird und in der Nähe der Ankündigungen der Federal Reserve abnimmt. Diese Ergebnisse werden als Beweis dafür interpretiert, dass rauere Aktien diejenigen sind, die mit einer kurzfristigen Abwärtsunsicherheit konfrontiert werden.

---

<sup>6</sup>Federal Reserve ist das Zentralbank-System der Vereinigten Staaten

<sup>7</sup>Illiquidität ist der Zustand, in dem flüssige Mittel und leicht liquidierbare Vermögensgegenstände nicht ausreichen, um die fälligen Verbindlichkeiten zu erfüllen.

## 2 Realisierte und implizite Rauheit

### 2.1 realisierte Rauheit

Eine fraktionierte Brownsche Bewegung mit dem Hurst Parameter  $H \in (0, 1)$  ist ein zentrierter Gauß Prozess  $\{W_t^H, -\infty < t < \infty\}$  mit stationären Inkrementen und der folgenden Kovarianz Funktion

$$\mathbb{E}[W^H(t)W^H(s)] = \frac{1}{2}(|t|^{2H} + |s|^{2H} - |t - s|^{2H}). \quad (1)$$

Der Fall  $H = \frac{1}{2}$  entspricht einer üblichen Brownschen Bewegung. Mit  $H \in (\frac{1}{2}, 1)$  weist die Brownsche Bewegung eine weiträumige Abhängigkeit auf; Prozesse mit  $H \in (0, \frac{1}{2})$  haben Wege, die rauer sind, als die der gewöhnlichen Brownschen Bewegung, wobei ein kleineres  $H$  eine größere Rauheit anzeigt.

Ein Anzeichen für eine größere Rauheit stellt die folgende Eigenschaft der Momente der Inkremente der fraktionierten Brownschen Bewegung dar. Für jedes  $t \in \mathbb{R}$ , und  $\Delta \geq 0$ , und jedes  $p > 0$

$$\mathbb{E}[|W_{t+\Delta}^H - W_t^H|^p] = \mathbb{E}[|Z|^p] \Delta^{pH}, \quad Z \sim N(0, 1). \quad (2)$$

Bei kleinerem  $H$  haben die Inkremente über ein kurzes Intervall  $\Delta$  größere Momente. Als Beispiel für ein raues Volatilitätsmodell für den Anlagepreis  $\{S_t, t \geq 0\}$  kann folgendes angenommen werden

$$d \log S_t = \mu dt + \sigma_t dW_t \quad (3)$$

$$d \log \sigma_t = \nu dW_t^H; \quad (4)$$

Dies ist ein Spezialfall einer Ein-Faktor Version dessen, was Gatheral, Jaisson und Rosenbaum [18] das Bergomi-Modell nennen. Allgemeiner gesagt, das Modell ist ein mittelwertumkehrender logarithmischer Volatilitätsprozess

$$d \log \sigma_t = -\kappa(\log \sigma_t - m) + \nu dW_t^H \quad (5)$$

Hier sind  $\mu, \kappa, m$  und  $\nu$  Konstanten,  $W$  ist eine gewöhnliche Brownsche Bewegung,  $W^H$  ist eine fraktionierte Brownsche Bewegung mit  $H \in (0, \frac{1}{2})$ ,  $W$  und  $W^H$  können korreliert werden. Der Parameter  $H$  bestimmt die Rauheit des Volatilitätsprozesses.

Abi Jaber und El Euch [19] stellen eine Annäherungsmethode für raue Volatilitätsmodelle vor, die eine einfache Interpretation vorschlägt: Raue Volatilität entsteht durch Vermischung von mittelwertumkehrenden Volatilitätsprozessen mit verschiedenen Geschwindigkeiten der mittleren Reversion, angetrieben durch eine gewöhnliche Brownsche Bewegung, einschließlich Komponenten mit beliebig schneller mittlerer Reversion. Der Zusammenhang zwischen Rauheit und schneller mittlerer Reversion wird auch durch die Analyse von Optionspreisen unterstützt.

Wenn wir  $\log \sigma_t$  zu den Zeiten  $t = 0, \Delta, 2\Delta, \dots$  für einige kleine  $\Delta > 0$  beobachten können, kann  $H$  abgeschätzt werden durch

$$\mathbb{E}[|\log \sigma_{t+\Delta} - \log \sigma_t|^p] \quad (6)$$

für verschiedene Werte von  $q > 0$ . Dann wird (2) angewendet, um  $H$  zu extrahieren. In der Praxis kann  $\sigma_t$  nicht beobachtet werden und muss daher geschätzt werden. Deshalb wird wie folgt vorgegangen: Unter Verwendung der Trade and Quote (TAQ) - Daten werden die realisierten Kernel-Methoden von Barndor – Nielsen, Handsen, lunde und Shepard [20] angegeben, um die tägliche integrierte Varianz der Erträge zu schätzen; die Quadratwurzel ergibt die geschätzte tägliche Volatilität.

Der Rest des Schätzverfahrens arbeitet mit täglichen Volatilitäten, die mit  $\hat{\sigma}_d$  beschrieben werden, wobei  $d$  die Indizierung der Tage ist. Es wird (6) mit  $q = 2$  angewendet und die zweiten Momente über Intervalle von  $\ell$  Tagen,  $\ell = 1, 2, \dots, 10$ , geschätzt. In jedem Monat, für jede Aktie und jeden Rückstand wird folgendes gerechnet

$$z_2(\ell) = \frac{1}{T - \ell} \sum_{d=1}^{T-\ell} (\log \hat{\sigma}_{d+\ell} - \log \hat{\sigma}_d)^2, \quad (7)$$

wobei  $T$  die Anzahl der Tage im Monat ist. Basierend auf (2) wird erwartet

$$z_2 \approx \nu^2 \ell^{2H}.$$

Daher wird eine Regression<sup>8</sup> durchgeführt

$$\log z_2(\ell) = \beta_1 + \beta_2 \log \ell + \epsilon \quad (8)$$

um  $\beta_2/2$  zu schätzen. Es wird auch die Volatilität  $\nu$  geschätzt, indem  $\log \nu = \beta_1/2$  gesetzt wird. Dieses Verfahren liefert eine Schätzung von  $H$  (und  $\nu$ ) für jeden Bestand in einem Monat.

## 2.2 implizite Rauheit

Mit impliziter Rauheit wird der Wert von  $H$  gemeint, der durch die Anpassung von Optionspreisen an ein raues Volatilitätsmodell erhalten wird. Ein konventioneller Ansatz zur Bewertung eines impliziten Parameters würde wie folgt vorgehen. Es wird ein spezielles Modell mit einigen freien Parametern gewählt - in diesem Fall ein raues Volatilitätsmodell; und die Parameter, die die Optionspreise des Modells am nächsten an einen Satz von Marktpreisen nahebringen, werden gesucht. Die Anwendung dieses Ansatzes zur Extraktion von  $H$  aus Optionspreisen wirft zwei Fragen auf. Die erste ist eine praktische Überlegung: Die Preisbildung in groben Volatilitätsmodellen erfordert eine Monte-Carlo-Simulation<sup>9</sup>, so dass die Invertierung von Preisen zur Bewertung von  $H$  für Hunderte von Aktien und Monaten rechnerisch entmutigend ist. Die zweite Frage ist grundlegender: ein falsch spezifiziertes Modell kann zu einem falschen Wert von  $H$  führen, selbst wenn der „wahre“ Volatilitätsprozess rau ist.

Um diese Probleme zu umgehen, wird ein einfacherer und robusterer Ansatz verfolgt, der auf der Laufzeitstruktur der At-the-money (ATM)-Schiefe<sup>10</sup> basiert. Es wird  $\sigma_{BS}(k, \tau)$

<sup>8</sup>Die Regression ist eine Methode in der Statistik, den Zusammenhang (= Korrelation) zwischen zwei Merkmalen zu überprüfen.[8]

<sup>9</sup>Die Monte-Carlo-Simulation ist ein Verfahren aus der Stochastik, bei dem sehr häufig durchgeführte Zufallsexperimente die Basis darstellen. Es wird aufgrund der Ergebnisse versucht mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie analytisch unlösbare Probleme im mathematischem Kontext numerisch zu lösen.[9]

<sup>10</sup>At the money (ATM) ist eine Situation, in der der Ausübungspreis einer Option mit dem Preis des zugrundeliegenden Wertpapiers identisch ist.

für die Black-Scholes implizite Volatilität einer Option mit Laufzeit  $\tau$  und log-moneyleft  $k = \log(K/S)$ , wobei  $K$  der Ausübungspreis der Option und  $S$  das aktuelle Niveau des Basiswertes ist, geschrieben. Die ATM-Schiefe bei Fälligkeit  $\tau$  wird gegeben durch

$$\phi(\tau) = \left| \frac{\partial \sigma_{BS}(k, \tau)}{\partial k} \right|_{k=0} \quad (9)$$

Eine empirische Regelmäßigkeit der ATM-Schieflage besteht darin, dass sie sich bei längeren Laufzeiten abflacht. Dieses Muster ist in Abbildung 1 dargestellt, die die impliziten Volatilitäten für JPMorgan Chase & Co<sup>11</sup> am 5. Juni 2012 unter Verwendung der Daten von OptionMetrics<sup>12</sup> zeigt. Die horizontale Achse zeigt das Verhältnis des Ausübungspreises zum aktuellen Aktienpreis, sodass die ATM-Schiefe die Steigung im Verhältnis von 1 ist. Die verschiedenen Kurven entsprechen den verschiedenen Laufzeiten. Die Steigung ist am steilsten (am negativsten) bei der kürzesten Laufzeit von drei Tagen und nimmt schnell zu, wenn zu längeren Laufzeiten übergegangen wird.

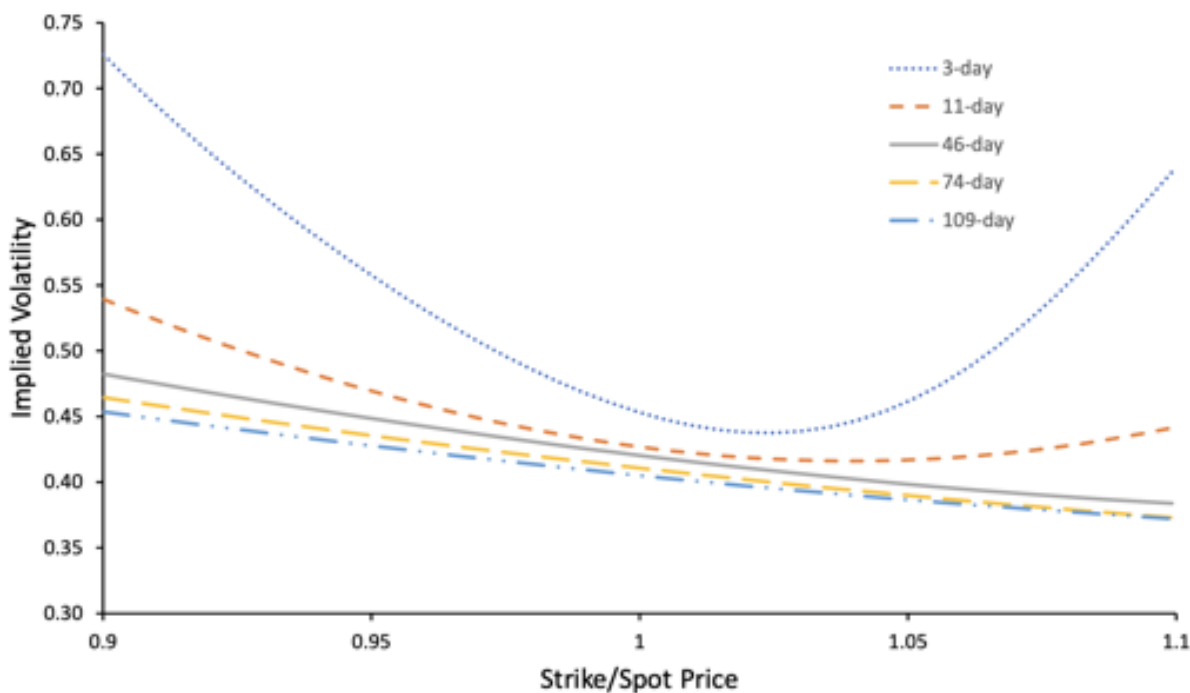


Abbildung 1: JPM implizite Volatilitäten am 5. Juni 2012. Die Kurven zeigen kubische Spline-Fits (Ein kubischer Spline ist eine glatte Kurve, die durch gegebene Punkte im Koordinatensystem geht und eine minimale Gesamtkrümmung aufweist.[12]) bei verschiedenen Laufzeiten unter Verwendung von Rohdaten von OptionMetrics, aufgetragen gegen das Verhältnis des Ausübungspreises  $K$  zum aktuellen Niveau des Basiswertes  $S$ . Die ATM-Schiefe ist die Steigung bei  $K/S = 1$ . Sein absoluter Wert fällt schnell mit zunehmender Zeit.

<sup>11</sup>Die JPMorgan Chase & Co. ist eine US-amerikanische Bank mit Sitz in New York City.[10]

<sup>12</sup>OptionMetrics ist der führende Anbieter von hochwertigen historischen Optionspreisdaten, Tools und Analysen für die Finanzbranche.[11]

Insbesondere die Erweiterungen von Fukasawa [21] charakterisieren die Zerfallsrate der ATM-Schiefe für ein sehr breites Spektrum von rauen Volatilitätsmodellen. Diese Ergebnisse zeigen, dass die ATM-Schiefe eine Annäherung an die folgende Form ist.

$$\phi(\tau) \approx \text{constant} \times \tau^{H-1/2}, \quad \text{as } \tau \downarrow 0. \quad (10)$$

Mit anderen Worten, die ATM-Schiefe weist einen Leistungszerfall bei kurzen Laufzeiten auf, wobei ein Exponent durch  $H$  bestimmt wird. Diese Idee wird in Abbildung 2 veranschaulicht. Die horizontale Achse zeichnet die Zeit  $\tau$  bis zur Fälligkeit auf, und die vertikale Achse zeichnet die ATM-Schiefe  $\phi(\tau)$  auf. Jeder Punkt in der Abbildung zeigt eine Schätzung von  $\phi(\tau)$ , die am 15. September 2005 (linke Abbildung) oder am 20. Juni 2013 (rechte Abbildung) auf der Grundlage von OptionMetrics-Daten berechnet wurden. In diesem Beispiel sind die Exponenten  $-0.48$  (links) und  $-0.452$  (rechts) und entsprechend  $H = 0.002$  und  $H = 0.048$ .

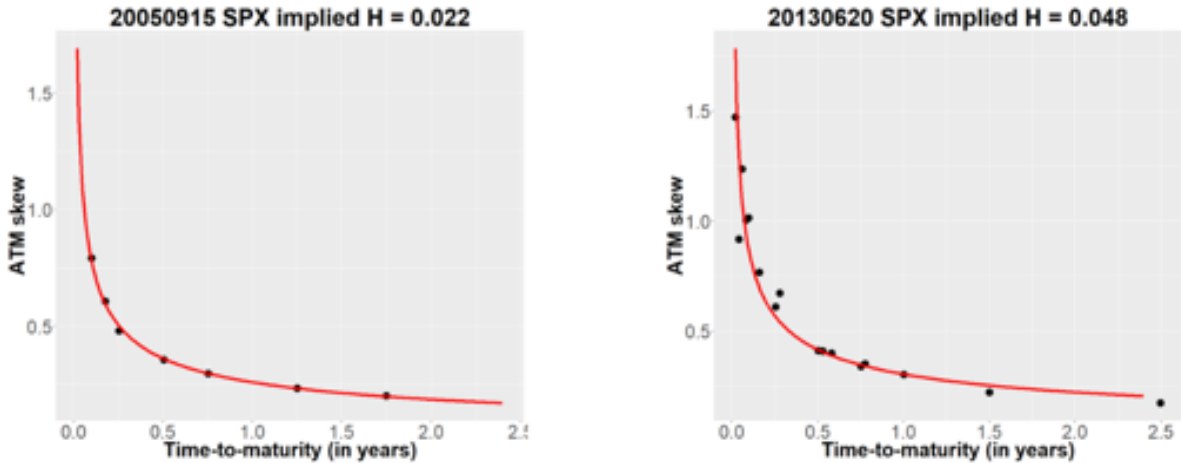


Abbildung 2: Laufzeitstruktur der ATM-Schiefe für den S&P 500 Index (Der S&P 500 ist ein Aktienindex, der die Aktien von 500 der größten börsennotierten US-amerikanischen Unternehmen umfasst. Der S&P 500 ist nach der Marktkapitalisierung gewichtet und gehört zu den meistbeachteten Aktienindizes der Welt.[13]). Die Diagramme stellen die Steigung der ATM-Schiefe gegen die Optionslaufzeit am 15. September 2005 (links) und am 20. Juni 2013 (rechts) unter Verwendung von OptionMetrics-Daten dar.

Dies ist der Ansatz, der zur Berechnung eines options-impliziten Wertes von  $H$  verwendet wird. Die Methode ist einfach zu verwenden und eignet sich zur Bewertung eines impliziten  $H$  für Hunderte von Aktien, jeden Tag seit fast 20 Jahren. Die Methode ist robust, weil sie die allgemeine Eigenschaft von rauen Volatilitätsmodellen in (9) ausnutzt und nicht die detaillierte Struktur eines speziellen Modells.

Einige mögen Einwände dagegen haben, die Zerfallsrate der ATM-Schiefe zu verwenden, um ein implizites Maß für die Rauheit zu extrahieren, mit der Begründung, dass bestimmte stochastische Volatilitätsmodelle, die durch eine gewöhnliche Brownsche Bewegung angetrieben werden, auch in der Lage sein könnten, die Laufzeitstruktur von  $\phi$  zu bestimmen. Einige ziehen es vor, dem konventionellen Ansatz zu folgen, mit dem dieser Abschnitt begonnen wurde, indem ein spezielles Modell auf Marktpreise angewendet und



der Wert von  $H$  ermittelt wurde. Aber wenn das Modell Optionspreise gut bewertet, wird dieser Ansatz zum gleichen Wert von  $H$  führen, denn wenn das Modell die Daten gut bewertet, dann werden die Marktpreise erfüllt. Die direkte Verwendung von (10) ist einfach eine elegantere und robustere Methode, um zum impliziten  $H$  zu gelangen.

Um diesen Ansatz zu verwirklichen, wird wie folgt vorgegangen. Zuerst werden CRSP<sup>13</sup>- und OptionMetrics-Daten zusammengeführt, um Aktien- und Optionspreise zu verknüpfen. Als nächstes werden die Optionen nach den in der Literatur üblichen Regeln, die im Anhang ausführlich beschrieben sind, ausgelost. An jedem Tag werden für jede Aktie nur die gefilterten Daten und eine kubische Spline verwendet, um die implizite Volatilität als Funktion von  $\log(K/S)$  zu verwenden. Die Ableitung des Splines bei  $\log(K/S) = 0$  wird als ATM-Schiefe  $\phi(\tau)$  angenommen. Dann wird eine Regression durchgeführt

$$\log \phi(\tau) = c + (H - 1/2) \log \tau + \epsilon.$$

Das heißt, es wird  $1/2$  zur geschätzten Steigung in dieser Regression addiert, um das implizierte  $H$  zu bewerten.

### 2.3 Deskriptive Statistik der realisierten und impliziten Rauheit

Der Schwerpunkt liegt auf der Querschnittsbeziehung zwischen Rauheit und Aktienrendite, daher wird in Abbildung 3 zusammenfassende Statistik über die Querschnittsvariationen der impliziten und realisierten Rauheit präsentiert. In jedem Monat wird der Mittelwert, die Standardabweichung und mehrere Quantile (25%, 50%, 75%) der impliziten und realisierten Rauheitsmessungen für alle Bestände berechnet; anschließend wird der Zeitreihendurchschnitt dieser zusammenfassenden Statistiken genommen und in der Tabelle angezeigt. In der letzten Spalte von Abbildung 3 wird über zusammenfassende Statistik bis zur realisierten Rauheit des impliziten Universums berichtet. Die Ergebnisse in der Tabelle deuten darauf hin, dass die impliziten Schätzungen von  $H$  etwas größer sind als die realisierten Schätzungen und dass dies zum Teil auf Unterschiede in den impliziten und realisierten Universen zurückzuführen sein könnte.

	Implied $H$	Realized $H$	Realized $H$ on Implied Universe
avg Mean	0.18	0.07	0.09
avg S.D.	0.21	0.10	0.10
avg 25th pctile	0.06	0.00	0.02
avg median	0.18	0.06	0.08
avg 75th pctile	0.30	0.14	0.15

Abbildung 3: Monatsdurchschnitte der zusammenfassenden Querschnittsstatistiken. Die letzte Spalte zeigt Statistiken für realisierte  $H$ , die aus der Untergruppe der Bestände geschätzt wurden, für die implizite Schätzungen vorliegen.

<sup>13</sup>Das Center for Research in Security Prices (CRSP) ist ein Anbieter historischer Börsendaten. CRSP unterhält einige der größten und umfassendsten proprietären historischen Datenbanken in der Börsenforschung.[14]

Wie in Abschnitt 2.2. erörtert, gibt es Werte der impliziten Rauheit nur für eine Teilmenge von Aktien-Monatspaaren. Diese Teilmenge wird als das „implizite Universum“ bezeichnet. Im Gegensatz dazu versteht man unter „Volluniversum“ eine größere Menge an Bestandsmonatspaaren, für die geeignete Daten zur Verfügung stehen, um ein realisiertes  $H$  zu berechnen.

Abbildung 4 zeigt Zeitreihen-Durchschnittswerte der Querschnittsmittel und Standardabweichungen nach Branchen, wobei die Branchenklassifikation von Ken Frances Website<sup>14</sup> verwendet wurde. Die Schätzungen sind über die verschiedenen Sektoren hinweg sehr konsistent.

Industry	Implied $H$		Realized $H$		Realized $H$ on Imp. Univ.	
	Avg Mean	Avg S.D.	Avg Mean	Avg S.D.	Avg Mean	Avg S.D.
Consumer NonDurables	0.18	0.23	0.07	0.10	0.08	0.10
Consumer Durables	0.17	0.19	0.07	0.10	0.09	0.09
Manufacturing	0.17	0.19	0.08	0.10	0.09	0.10
Energy	0.20	0.20	0.08	0.10	0.09	0.09
Chemicals	0.19	0.19	0.08	0.10	0.09	0.09
Business Equipment	0.18	0.21	0.08	0.10	0.09	0.10
Telecom	0.19	0.22	0.08	0.10	0.09	0.10
Utilities	0.17	0.22	0.08	0.10	0.10	0.09
Shops	0.18	0.20	0.07	0.10	0.08	0.10
Health	0.17	0.23	0.07	0.10	0.09	0.10
Finance	0.18	0.19	0.07	0.10	0.10	0.10
Other	0.17	0.21	0.07	0.10	0.09	0.10

Abbildung 4: Monatsdurchschnitte der zusammenfassenden Querschnittsstatistiken nach Industriezweigen. Die letzten beiden Spalten zeigen Statistiken für realisiert  $H$ , die aus der Teilmenge der Aktien geschätzt wurden, für die implizite Schätzungen verfügbar sind.

<sup>14</sup><http://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/datalibrary.html>

### 3 Sortierte Portfolios

In diesem Abschnitt wird die Leistung von Handelsstrategien getestet, die Aktien auf der Grundlage realisierter und impliziter Rauheit auswählen. Jeden Monat werden Aktien nach ihrer (realisierten oder impliziten) Rauheit sortiert und in Quintil-Portfolios gruppiert. Die Leistung einer Strategie wird bewertet, die das raueste (kleinste  $H$ ) Quintil kauft und das glatteste (größte  $H$ ) Quintil verkauft. Es werden die wertgewichteten Renditen in dem Monat, das auf das Monat folgt, in dem die Portfolios gebildet werden, berechnet und dann wird diese Prozedur für das nächste Monat wiederholt.

Zusätzlich zur Berechnung der Durchschnittsrendite wird die Überrendite im Verhältnis zu verschiedenen Faktormodellen berechnet:

- Ein-Faktor-Modell (CAPM = Capital Asset Pricing Model), das die Gesamrendite des Marktes, abzüglich des risikofreien Zinssatzes, verwendet
- Drei-Faktoren-Modell von Fama und French[22] (mit Faktoren für Markt, Größe und Book-to-Market<sup>15</sup>), ergänzt um einen Impulsfaktor
- Fünf-Faktoren-Modell von Fama und French[22] (mit Faktoren für Markt, Größe, Book-to-Market, Ertragsrobustheit und Investitionskonservativität), das erneut an Dynamik gewonnen hat

Abbildung 5 zeigt Ergebnisse für Aktien sortiert nach impliziter Rauheit. Die Spalten zeigen Ergebnisse für die Quintil-Portfolios, sortiert von den glattesten (höchstes  $H$ ) bis zu den rauesten (niedrigstes  $H$ ). Die letzte Spalte zeigt die Ergebnisse für die Long-Short-Strategie. Die Strategie erzielt eine durchschnittliche monatliche Rendite von 0,49% (5,9% jährlich). Die Alphas in Bezug auf die verschiedenen Faktormodelle reichen von 0,47% bis 0,52% monatlich oder 5,6% bis 6,2% jährlich. Die Zahlen in Klammern sind t-Statistiken von Newey und West[23] und zeigen, dass die Überrenditen alle statistisch signifikant sind. Die statistische Signifikanz auf den Ebenen 10%, 5% und 1% ist durch \*, \*\* bzw. \*\*\* gekennzeichnet. Die untere Hälfte von Abbildung 5 zeigt Merkmale der Quintil-Portfolios. Konstruktionsbedingt nehmen die durchschnittlichen impliziten  $H$ -Werte von links nach rechts ab.

---

<sup>15</sup>Ein Verhältnis, mit dem der Wert eines Unternehmens ermittelt wird, indem der Buchwert eines Unternehmens mit seinem Marktwert verglichen wird.[15]

	1 Smooth	2	3	4	5 Rough	5-1
Mean	0.22	0.39	0.37	0.33	0.71	0.49
Std. Dev.	4.82	4.76	4.69	5.08	5.26	2.63
CAPM Alpha	-0.28**	-0.11	-0.13	-0.19	0.19	0.47**
	[-2.51]	[-1.48]	[-1.39]	[-1.35]	[1.37]	[2.43]
FF-3-MOM Alpha	-0.33***	-0.07	-0.07	-0.07	0.16	0.49***
	[-2.88]	[-0.94]	[-0.94]	[-0.64]	[1.22]	[2.63]
FF-5-MOM Alpha	-0.29***	-0.04	-0.04	0.03	0.24*	0.52***
	[-2.74]	[-0.58]	[-0.47]	[0.30]	[1.70]	[2.76]
Implied $H$	0.46	0.27	0.18	0.09	-0.11	
Size in billion \$	14.64	18.87	19.07	15.79	7.84	
Book-to-Market	0.48	0.44	0.42	0.41	0.43	
Number of stocks	153	152	153	152	152	
Portfolio persistence	61%	75%	76%	74%	63%	

Abbildung 5: Leistung von Portfolios, die nach impliziter Rauheit sortiert sind. Alphas sind Monatswerte in Prozent.

Das glatteste Quintil hat  $H$  nahe dem Brownschen Wert von  $1/2$ , und das raueste Quintil hat einen negativen Mittelwert  $H$ . Ein negatives  $H$  ist als Hurst-Parameter nicht aussagekräftig, kann aber durchaus als impliziter Parameter durch (10) entstehen.

Aus Abbildung 5 geht hervor, dass das durchschnittliche Book-to-Market-Verhältnis über die Quintile hinweg recht konsistent ist, aber die Größe (gemessen an der Marktkapitalisierung) scheint positiv mit  $H$  korreliert zu sein. Die letzte Zeile zeigt den Prozentsatz der Aktien in jedem Quintil, die von einem Monat zum nächsten im Quintil verbleiben.

Abbildung 6 zeigt entsprechende Ergebnisse unter Verwendung der realisierten Rauheit. Panel A verwendet das gesamte Universum der CRSP-Aktien; Panel B beschränkt die Menge der monatlich verwendeten Aktien auf das „implizite Universum“. Beide Panels von dieser Tabelle zeigen, dass Aktien mit rauerer Volatilität (kleineres realisiertes  $H$ ) dazu tendieren, Aktien mit glatterer Volatilität (größeres realisiertes  $H$ ) zu übertreffen. Vergleicht man die letzte Spalte von Abbildung 6 mit der letzten Spalte von Abbildung 5, so zeigt sich, dass der Effekt nicht ganz so stark und nicht ganz so statistisch signifikant ist, wenn man nach realisierter und nicht nach impliziter Rauheit sortiert.

		1 Smooth	2	3	4	5 Rough	5-1
PANEL A	Mean	0.22	0.52	0.59	0.71	0.60	0.38
	Std. Dev.	4.99	4.69	4.65	4.33	4.94	2.66
	CAPM Alpha	-0.30***	0.02	0.09	0.24**	0.10	0.40**
		[-3.08]	[0.18]	[1.20]	[2.45]	[0.71]	[2.03]
	FF-3-MOM Alpha	-0.27***	0.00	0.05	0.24***	0.03	0.31
		[-2.97]	[0.00]	[0.61]	[2.71]	[0.22]	[1.56]
	FF-5-MOM Alpha	-0.19**	0.01	0.02	0.13	-0.01	0.17
		[-2.13]	[0.09]	[0.23]	[1.52]	[-0.10]	[0.97]
	Realized H	0.23	0.12	0.06	0.01	-0.05	
	Size in billion \$	6.67	5.18	4.62	4.03	3.36	
	Book-to-Market	0.69	0.67	0.64	0.65	0.70	
	Number of stocks	611	613	614	614	614	
Portfolio persistence	79%	80%	80%	80%	80%		
PANEL B	Mean	0.11	0.27	0.51	0.58	0.59	0.47
	Std. Dev.	5.28	4.89	4.85	4.58	4.89	2.89
	CAPM Alpha	-0.42***	-0.24**	0.00	0.10	0.09	0.51**
		[-3.55]	[-2.16]	[0.01]	[0.94]	[0.71]	[2.51]
	FF-3-MOM Alpha	-0.38***	-0.19*	0.01	0.15	0.13	0.51***
		[-3.49]	[-1.75]	[0.06]	[1.50]	[1.00]	[2.73]
	FF-5-MOM Alpha	-0.25**	-0.13	0.00	0.17	0.08	0.33*
		[-2.31]	[-1.19]	[-0.02]	[1.59]	[0.60]	[1.73]
	Realized H	0.24	0.14	0.08	0.03	-0.04	
	Size in billion \$	18.38	16.37	15.31	13.69	12.18	
	Book-to-Market	0.44	0.43	0.43	0.43	0.44	
	Number of stocks	151	151	151	151	152	
Portfolio persistence	80%	82%	82%	82%	81%		

Abbildung 6: Leistung von Portfolios sortiert nach realisierter Rauheit. Alphas sind Monatswerte in Prozent. Panel A zeigt die Ergebnisse für alle Aktien und Panel B beschränkt sich zum Vergleich auf die in Abbildung 5 verwendeten Aktien.

Vergleicht man die Panels A und B von Abbildung 6, so stellt man fest, dass die Sortierung nach realisierter Rauheit zu höheren Alphas führt, wenn man das Universum der Aktien auf diejenigen begrenzt, für die man auch die implizite Rauheit berechnen kann. Es ist bemerkenswert, dass in beiden Panels von Abbildung 6 die höchsten Erträge im Allgemeinen mit dem vierten Quintil des realisierten  $H$  und nicht mit dem fünften Quintil in Verbindung gebracht werden. Die Leistung der realisierten Strategie könnte durch den Kauf des vierten statt des fünften Quintils und durch Kurzschlüsse im ersten Quintil wesentlich verbessert werden.

Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die durchschnittliche Leistung über den gesamten Zeitraum von 2000 bis 2016. Um zu veranschaulichen, wie die Leistung im Laufe der Zeit variiert, zeigt Abbildung 7 die jährliche Leistung nach Jahren für die implizite Strategie. Bemerkenswert ist, dass die Rau-Minus-Glatt Strategie in 13 der 17 Jahre, bei der Sortierung nach der impliziten Rauheit profitabel ist. Das Jahr 2008 war das beste Jahr der Strategie. Der einzige große Verlust der Strategie ist in 2001, und der Verlust in diesem Jahr ist fast vollständig auf den September, den Monat der Anschläge vom 11. September, zurückzuführen.

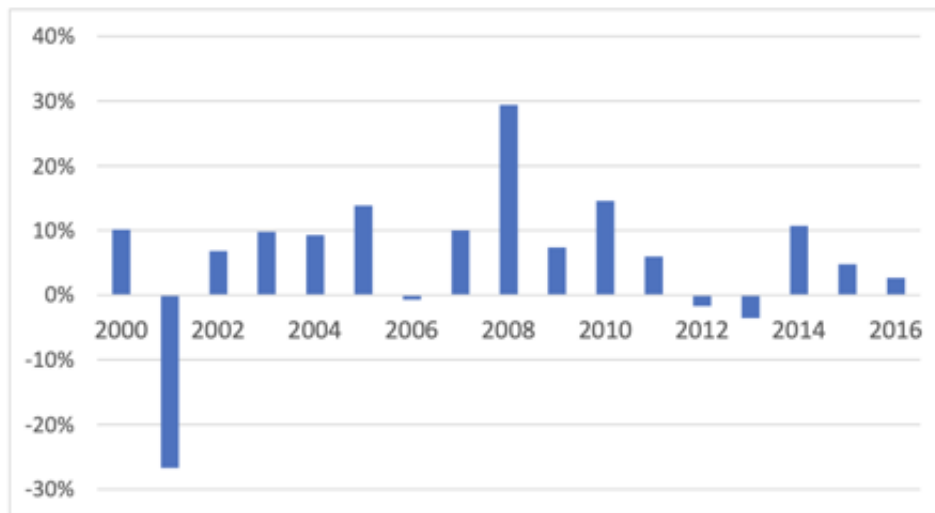


Abbildung 7: Jährliche Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie basierend auf der impliziten Rauheit.

Abbildung 8 zeigt die jährliche Leistung der Strategie auf der Grundlage der realisierten Rauheit auf dem gesamten Universum und auf dem impliziten Universum. Mit Ausnahme des frühen Teils der Stichprobe, wo die Optionsdaten begrenzter sind, zeigt die realisierte Strategie im Allgemeinen eine ähnliche Leistung auf den vollen und eingeschränkten Teilen von Aktien. Dies bedeutet, dass die Leistung in Abbildung 7 nicht auf die Aktien, die in dem impliziten Universum enthalten sind, zurückzuführen ist. Tatsächlich zeigt der Vergleich der Abbildungen 7 und 8, dass die realisierten und impliziten Strategien zu verschiedenen Zeiten gut funktioniert haben, was darauf hindeutet, dass die Kombination der Beiden zu einer noch besseren Leistung führen könnte.

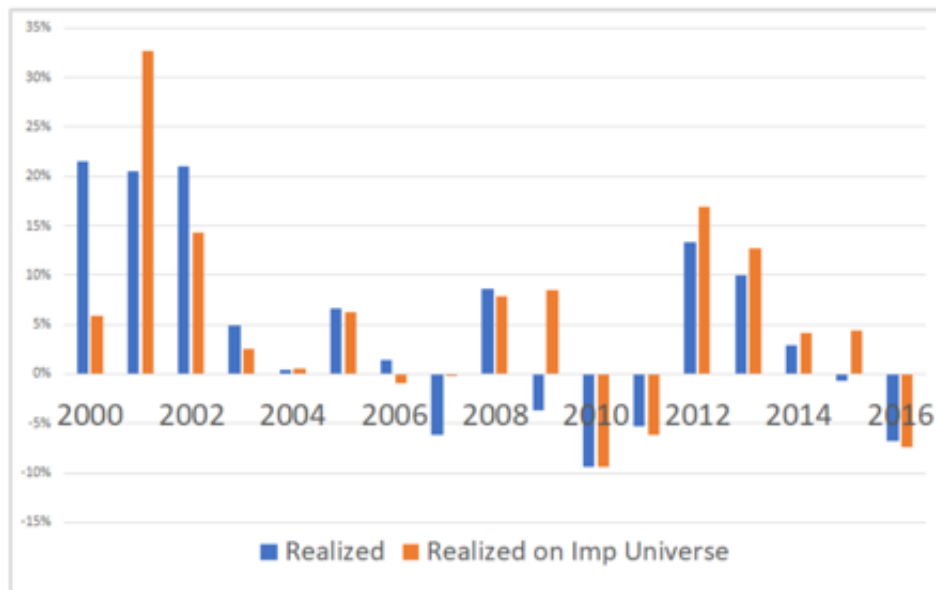


Abbildung 8: Jährliche Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie basierend auf der realisierten Rauheit, unter Verwendung aller Aktien oder nur des impliziten Universums.

Die Leistung der impliziten Strategie im Jahr 2008 wirft die Frage auf, ob die Sortierung nach der Rauheit des Long-Short-Portfolios implizit dazu führt, dass einige Branchen gegenüber anderen bevorzugt werden. Eine Strategie, die beispielsweise Bankaktien kurzschließt, hätte 2008 eine gute Leistung erzielt. Wie jedoch in Abbildung 4 ersichtlich, sind die Rauheitsschätzungen in den verschiedenen Branchen ähnlich. Darüber hinaus liegen insbesondere die durchschnittlichen impliziten und realisierten  $H$ -Schätzungen für Finanzunternehmen in der Mitte der branchenübergreifenden Spanne, was darauf hinweist, dass eine Rau-Minus-Glatt Strategie Finanzwerte weder bevorzugt, noch benachteiligt.

## 4 Controlling für andere Faktoren

Zum besseren Verständnis der Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie werden in diesem Abschnitt Kontrollen für zusätzliche Faktoren hinzugefügt. Zuerst werden Faktoren diskutiert, die die Leistung der Strategie beeinflussen könnten, und anschließend werden ihre Auswirkungen mit zwei Methoden bewertet – doppelte Sortierung und Regression nach Fama und MacBeth[24].

### 4.1 Liquidität

Zuvor wurde beobachtet, dass in Abbildung 5 die durchschnittliche Marktkapitalisierung in den fünf Quintilen mit  $H$  zunimmt: Rauere Aktien sind im Durchschnitt tendenziell kleiner. Dieses Muster deutet auf die Möglichkeit hin, dass die Rauheit eine geringere Liquidität widerspiegeln könnte und daher eine Rau-Minus-Glatt Strategie eine Liquiditätsprämie verdient. Die Möglichkeit wird durch die Tatsache gemildert, dass die Aktien, die die Filter zur Berechnung der impliziten Rauheiten passieren, im Durchschnitt größer sind als diejenigen, die sie nicht passieren.

Neben dem Handelsvolumen wird auch die weit verbreitete Illiquidität von Amihud[25] für gesichert gehalten. Das Amihud-Maß für eine einzelne Aktie in einem einzelnen Monat summiert die absoluten Werte der täglichen Erträge und dividiert die Summe durch das Dollar Volumen des Monats. Größere Werte des Amihud-Maßes werden als Hinweis auf eine geringere Liquidität interpretiert, während größere Werte des Handelsvolumens mit größerer Liquidität verbunden sind.

Die Abbildungen 9 und 10 vergleichen realisierte und implizite Schätzungen von  $H$  mit dem Log des Amihud-Maß und dem logarithmischen Tagesvolumen. Jeder Punkt in der Abbildung entspricht einem einzelnen Bestand in einem einzigen Monat. In Übereinstimmung mit der früheren Version von Bennedsen[26] wird eine positive Korrelation (0,55) zwischen realisiertem  $H$  und dem logarithmischen Tagesvolumen gefunden. Zusammen mit diesem Muster wird eine negative Korrelation (-0,46) zwischen dem realisierten  $H$  und dem logarithmischen Amihud-Maß gefunden.

Die Ergebnisse unter Verwendung der impliziten Rauheit in Abbildung 10 sind qualitativ ähnlich, aber nicht so stark. Die Korrelation zwischen dem impliziten  $H$  und dem logarithmischen Tagesvolumen beträgt 0,28 und die Korrelation mit dem logarithmischen Amihud-Maß ist -0,40. Abgesehen von diesen empirischen Mustern ist ein potentieller Zusammenhang zwischen Rauheit und Liquidität interessant, da versucht wird, die realisierte Rauheit durch die Mikrostruktur des Marktes zu erklären. Die bisher entwickelten Erklärungen sind jedoch stark stilisiert und machen keine klaren Vorhersagen darüber, ob größere Rauheit mit mehr oder weniger Liquidität verbunden sein sollte.



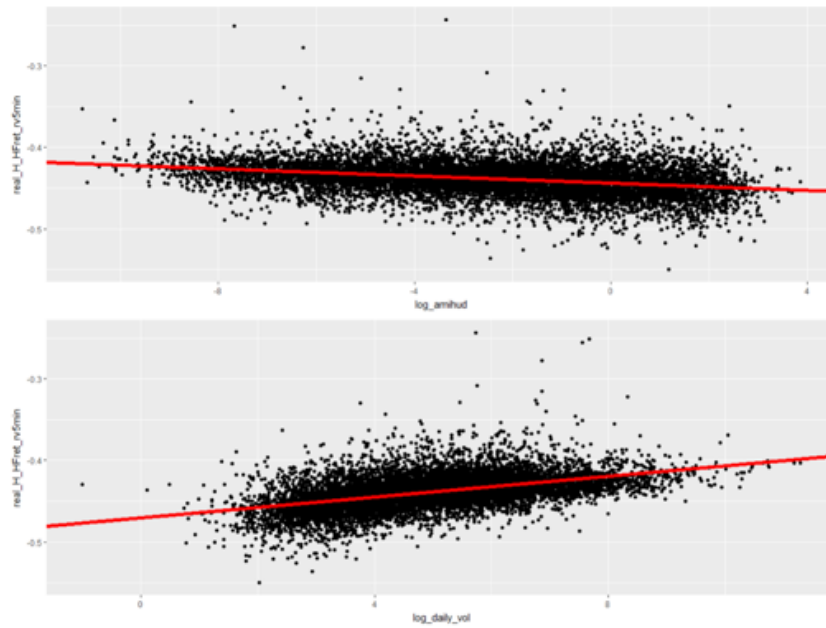


Abbildung 9: Realisierte Rauheit und Liquidität - Die Abbildungen stellen die realisierten Rauheiten gegen den Log des Amihud-Liquiditätsmaßes (oben) und den Log des Tagesvolumens (unten) dar.

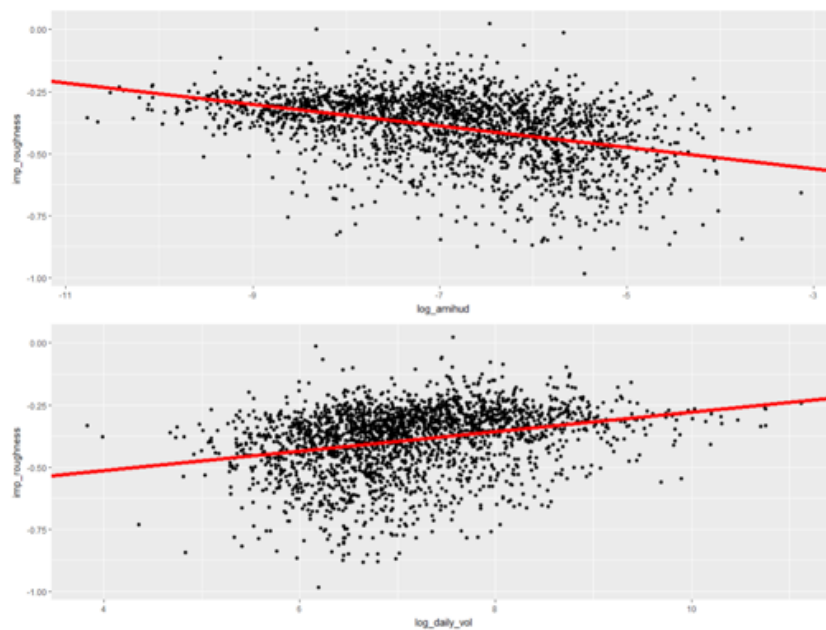


Abbildung 10: Implizite Rauheit und Liquidität - Die Abbildungen zeigen implizite Rauheit gegen den Log des Amihud-Illiquiditätsmaßes (oben) und den Log des Tagesvolumens (unten) dar.

## 4.2 Implizite Volatilität und Schiefe

Die implizite Rauheit ist ein relativ komplexes Merkmal der impliziten Volatilitätsfläche einer Aktie. Um zu versuchen, die Quelle der Alphas in der impliziten Rau-Minus-Glatt Strategie zu isolieren, wird daher das Niveau der impliziten ATM-Volatilität und die Form der impliziten Volatilitätsschiefe kontrolliert. Ein schneller Rückgang der ATM-Schiefe (niedriges implizites  $H$ ) ist möglicherweise mit einem hohen Grad an kurzfristiger Schiefe oder impliziter Volatilität verbunden. Daher wird auf diese Faktoren kontrolliert. Als Maß der impliziten ATM-Volatilität wird die implizite Volatilität für einen einmonatigen Call mit einem Strike verwendet. Dies wird mit  $\sigma_{1m}^{Call}(\frac{K}{S} = 1)$  bezeichnet. Als Maß für die implizite Volatilitätsverschiebung wird die Differenz zwischen der impliziten Einmonatsvolatilität für einen Put mit einer Geldhöhe von 0,9 und der impliziten Einmonatsvolatilität für einen Call mit einem Strike, der dem Kassakurs am nächsten liegt, verwendet.

$$\text{XZZ-skew} = \sigma_{1m}^{Put}(\frac{K}{S} = 0.9) - \sigma_{1m}^{Call}(\frac{K}{S} = 1) \quad (11)$$

## 4.3 Doppelte Sortierung

Zur Kontrolle von Faktoren wie Liquidität oder Schiefe, die sich auf die Renditen der Quintil Portfolios auswirken könnten, wird in diesem Abschnitt das standardmäßige Verfahren der doppelten Sortierung angewendet.

Als Beispiel dafür wird angenommen, dass mit dem Amihud-Maß die Illiquidität kontrolliert werden soll. Für jeden Monat wird wie folgt vorgegangen. Die Aktien werden nach dem Amihud-Maß in Dezile sortiert. Innerhalb jedes dieser Illiquiditätsdezile werden die Aktien nach ihrer (realisierten und impliziten) Rauheit sortiert. Dann wird das raueste Quintil aus jedem der Illiquiditätsdezile genommen, dies ist dann das raue Portfolio. In ähnlicher Weise wird das glatteste Portfolio gebildet, indem alle Aktien, die sich im glattesten Quintil der Illiquiditätsdezile befinden, gruppiert werden.

Bei der Konstruktion sind alle Stufen der Illiquidität in den rauen und glatten Portfolios vertreten, so dass die Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie nicht durch Illiquidität beeinträchtigt werden sollte. Es wird in zehn Portfolios auf der Grundlage der Illiquidität im ersten Schritt sortiert, um ein besseres Gleichgewicht des Konditionierungsfaktors zwischen dem rauen Portfolio und dem glatten Portfolio zu erreichen. Das gleiche Verfahren erlaubt es, die Wirkung jedes anderen Faktors abzusichern, indem zunächst nach diesem Faktor sortiert wird.

Es wird doppelte Sortierung auf die folgenden Variablen angewandt:

- durchschnittliches Tagesvolumen für jede Aktie
- Amihud-Illiquiditätsmaß
- Umsatz, gemessen als monatliches Handelsvolumen einer Aktie, geteilt durch die während des Monats durchschnittlich im Umlauf befindlichen Aktien dieser Aktie
- ATM implizite Volatilität, gemessen an der impliziten Volatilität für eine 30-Tage-Option mit einem Ausübungspreis, der dem Kassapreis am nächsten kommt

- XZZ Schiefe, wie unter (11) angegeben
- Größe (gemessen an der Marktkapitalisierung), Book-to-Market und nachlaufender 12-monatiger Ertrag

Abbildung 11 zeigt die Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie auf der Grundlage der impliziten Rauheit nach der Kontrolle für jeden dieser Faktoren durch doppelte Sortierung. Die mittlere Rendite und die Alphas sind Monatswerte in Prozent. Die Zahlen in Klammern sind t-Statistiken. Die Tabelle zeigt durchschnittliche Erträge und Alphas unter Verwendung von entweder FF3-Mom oder FF5-Mom Faktorenmodellen.

Die ersten drei Zeilen der Tabelle beziehen sich auf Liquiditätsmaßnahmen. Die Sortierung der ersten drei Teile nach dem durchschnittlichen Tagesvolumen oder dem Amihud-Illiquiditätsmaß verringert, aber beseitigt nicht die Aussagekraft der Strategie. Angesichts der Korrelation, die in Abschnitt 4.1. zwischen der impliziten Rauheit und diesen Messgrößen dokumentiert wurde, ist ein gewisser Rückgang der Leistung zu erwarten. Aber die Rentabilität der Strategie bleibt signifikant, die je nach verwendetem Maß zwischen 3,1% und 5,4% pro Jahr liegt. Die Kontrolle des Umsatzes erhöht den mittleren Ertrag der Strategie mit einer durchschnittlichen monatlichen Rendite von 0,54%. Kurz gesagt, die Liquidität alleine kann nicht die Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie erklären. Die nächsten beiden Zeilen der Tabelle steuern die implizite Volatilität und die ATM-Schiefe. Die Kontrolle der ATM impliziten Volatilität verbessert die durchschnittliche Rendite und die Alphas auf 7%, mit Ausnahme des FF5-Mom Alpha, der jährlich auf etwa 4,9% sinkt. Daher können diese bekannten Merkmale der impliziten Volatilitäts-oberfläche nicht die Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie erklären.

Conditioning Variable	Mean Return	CAPM Alpha	FF3Mom Alpha	FF5Mom Alpha
Average Daily Volume	0.23* [1.84]	0.21 [1.60]	0.23* [1.81]	0.26** [2.01]
Average Daily Amihud	0.45*** [3.23]	0.46*** [3.31]	0.46*** [3.21]	0.40*** [2.65]
Turnover	0.54*** [3.96]	0.53*** [3.90]	0.52*** [3.53]	0.45*** [2.98]
XZZ Skew	0.46*** [2.79]	0.44** [2.54]	0.49*** [2.96]	0.45*** [2.61]
ATM Implied Volatility	0.59*** [3.54]	0.59*** [3.51]	0.59*** [3.32]	0.41** [2.28]
Size	0.41*** [3.24]	0.42*** [3.31]	0.46*** [3.53]	0.42*** [3.16]
Book-to-Market	0.34** [2.44]	0.32** [2.17]	0.36** [2.57]	0.35** [2.34]
12-Month Return	0.45*** [3.29]	0.43*** [3.06]	0.43*** [3.17]	0.48*** [3.38]

Abbildung 11: Leistung von Portfolios mit Rau-Minus-Glatt Struktur unter Verwendung der impliziten Rauheit, konstruiert durch Doppelsortierung auf verschiedenen Faktoren, für den Zeitraum von Jänner 2000 bis Juni 2016.

Abbildung 12 zeigt entsprechende Ergebnisse auf der Grundlage der realisierten Rauheit, unter Verwendung des gesamten Universums von Aktien (Panel A) oder des impliziten Universums (Panel B). Hier wird festgestellt, dass bei der Steuerung der Liquidität (durch das durchschnittliche Tagesvolumen oder das Amihud-Maß) die Bedeutung der Renditen und Alphas der Rau-Minus-Glatt Strategie wegfällt. Diese Ergebnisse deuten auf einen starken Zusammenhang zwischen realisierter Rauheit und Illiquidität hin. Im Gegensatz dazu verbessert die Kontrolle der impliziten Volatilität und der ATM-Schiefe die Leistung der Strategie.

Conditioning Variable	Mean Return	CAPM Alpha	FF3Mom Alpha	FF5Mom Alpha
<b>PANEL A: Full Universe</b>				
Average Daily Volume	0.14 [1.47]	0.15 [1.63]	0.14 [1.51]	0.05 [0.60]
Average Daily Amihud	0.12 [0.94]	0.17 [1.37]	0.12 [1.03]	-0.05 [-0.45]
Turnover	0.38*** [2.60]	0.38** [2.49]	0.33** [2.34]	0.20 [1.46]
XZZ Skew	0.54*** [3.10]	0.57*** [3.22]	0.53*** [3.36]	0.30* [1.95]
ATM Implied Volatility	0.54*** [2.81]	0.56*** [2.92]	0.59*** [3.17]	0.41** [2.15]
Size	0.12 [0.90]	0.18 [1.47]	0.13 [1.27]	-0.04 [-0.37]
Book-to-Market	0.35*** [2.63]	0.38*** [2.90]	0.35*** [2.73]	0.20 [1.55]
12-Month Return	0.51*** [3.06]	0.54*** [3.12]	0.50*** [3.19]	0.37** [2.34]
<b>PANEL B: Implied Universe</b>				
Average Daily Volume	0.22 [1.43]	0.25 [1.64]	0.21 [1.48]	0.08 [0.56]
Average Daily Amihud	0.40* [1.94]	0.47** [2.31]	0.41** [2.40]	0.22 [1.35]
Turnover	0.60*** [3.13]	0.61*** [3.09]	0.63*** [3.38]	0.53*** [2.79]
XZZ Skew	0.49** [2.41]	0.53** [2.51]	0.51*** [2.88]	0.27 [1.54]
ATM Implied Volatility	0.62*** [2.81]	0.63*** [2.77]	0.62*** [2.88]	0.43* [1.95]
Size	0.49** [2.41]	0.55*** [2.70]	0.53*** [3.13]	0.35** [2.10]
Book-to-Market	0.31* [1.83]	0.34** [2.05]	0.33** [2.05]	0.14 [0.88]
12-Month Return	0.55*** [2.96]	0.60*** [3.08]	0.57*** [3.47]	0.41** [2.47]

Abbildung 12: Leistung von Rau-Minus-Glatt Portfolios unter Verwendung realisierter Rauheit, konstruiert durch doppelte Sortierung auf verschiedene Faktoren, für den Zeitraum von Jänner 2000 bis Juni 2016.

## 5 Ereignisrisiko: Gewinnankündigungen und FOMC-Sitzungen

In diesem Abschnitt wird argumentiert, dass Querschnittsverläufe in der impliziten Rauheit der einzelnen Aktien ein kurzfristiges Abwärtsrisiko darstellen; die Rentabilität der Rau-Minus-Glatt Strategie wird als Kompensation für das Tragen des Risikos interpretiert. Diese Interpretation wird unterstützt, indem die Leistung der Strategie in Bezug auf zwei Arten von Ereignissen berücksichtigt wird: unternehmensspezifische Gewinnankündigungen und Zinsankündigungen des Federal Reserve Open Market Committee (FOMC<sup>16</sup>). Es werden drei Beweise zur Unterstützung dieser Argumentation vorgelegt. Die Rentabilität der Strategie ist am größten, wenn sie auf Aktien mit Gewinnankündigung im Folgemonat beschränkt ist, wenn das Potential für ein kurzfristiges idiosynkratisches Risiko hoch ist; die Rauheit prognostiziert keine Gewinne, was darauf hindeutet, dass die Rentabilität der Strategie eine Kompensation für das Risiko widerspiegelt.

### 5.1 Gewinnankündigungen

#### 5.1.1 Prüfung auf Vorhersehbarkeit von Gewinnankündigungen

Zunächst wird getestet, ob die Rauheit Überraschungen bei Gewinnen vorhersagt, als mögliche Erklärung für die Richtigkeit der Strategie. Auf positive Gewinnmitteilungen folgt in der Regel ein Anstieg der Aktienkurse, so dass ein Signal, das Gewinnankündigungen vorhersagt, als Grundlage für eine profitable Handelsstrategie dienen kann. Man wird jedoch sehen, dass dies nicht die Rentabilität des Rauheitssignals erklärt. Zunächst konzentriert man sich auf die durch

$$I^{ea} = \{(i, t) : \text{Aktie } i \text{ habe eine Gewinnmitteilung im Monat } t\} \quad (12)$$

definierte Teilmenge von Daten. Lässt man  $I$  das gesamte Universum der Aktien-Monats-Paare bezeichnen, für die es ein implizites Rauheitsmaß gibt, so bezeichnet  $I/I^{ea}$  die Teilmengen, für die es keine Gewinnmitteilung gibt.

Zur Messung von Gewinnankündigungen wird der standardisierte unerwartete Gewinn (SUE) verwendet. Der SUE misst die Differenz zwischen den tatsächlichen Gewinnen eines Unternehmens und dem von Analysten prognostizierten Mittelwert, normalisiert durch die Standardabweichung der Analystenprognosen im vorangegangenen Quartal. Um die Beziehung zwischen SUE und Rauheit zu testen, wird der Fama-MacBeth-Regressionsansatz verwendet, das heißt zunächst wird für jedes Monat die folgende Regression durchgeführt,

$$SUE_{i,t} = b_{0t} + b_{1t}H_{i,t-1} + e_{i,t}, \quad (i, t) \in I^{ea}, \quad (13)$$

wobei  $H_{i,t-1}$  die implizite Rauheit für eine Aktie  $i$  im Monat  $t - 1$  bezeichnet. Dann werden die  $b_{1t}$  über alle Monate  $t$  gemittelt und die Standardfehler werden berechnet, die an die Autokorrelation angepasst werden.

---

<sup>16</sup>Die Federal Reserve kontrolliert die drei geldpolitischen Instrumente - Open-Market-Geschäfte, Abzinsungssatz und Mindestreserveanforderungen. Der Gouverneursrat des Federal Reserve Systems ist für den Abzinsungssatz und die Mindestreserveanforderungen verantwortlich, und das Federal Open Market Committee ist für die Open-Market-Geschäfte verantwortlich.[16]

Zum Vergleich wird die gleiche Analyse durchgeführt und dabei die implizite Rauheit durch die ATM-Schiefe in (11) ersetzt. Auf der Grundlage der Daten bis 2005 zeigt sich, dass bevor Unternehmen enttäuschende Gewinne melden, werden Low-Strike-Puts teurer. Das linke Panel von Abbildung 13 berichtet über geschätzte Koeffizienten und t-Statistiken für die beiden Regressionen. Der Koeffizient der ATM-Schiefe ist groß, negativ und statistisch signifikant. Im Gegensatz dazu ist der Koeffizient für die implizite Rauheit nicht von Null zu unterscheiden. Die implizierte Rauheit prognostiziert keine Gewinnmitteilungen. Das rechte Panel von Abbildung 13 unterstützt diese Schlussfolgerungen. In dieser Analyse beschränkt man sich in jedem Monat  $t$  auf Aktien mit Gewinnankündigungen im Monat  $t + 1$ . Diese Aktien werden in Quintil Portfolios auf der Grundlage der Rauheit im Monat  $t$  sortiert. Die Tabelle zeigt die Abweichungen der durchschnittlichen SUE (im Monat  $t + 1$ ) zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Rauheitsquintil. Die Tabelle zeigt den gleichen Vergleich für Aktien, die nach der ATM-Schiefe im Monat  $t$  sortiert sind. Man kann erneut sehen, dass eine höhere ATM-Schiefe negative Gewinnankündigungen voraussagt, während es keine Beziehung zwischen Rauheit und SUE gibt.

FM Regression		Portfolio Sorting
Variable	Coef	Difference in SUE
Implied H	0.035 [0.155]	-0.087 [-0.324]
ATM skew	-2.744*** [-2.827]	-0.300*** [-3.277]

Abbildung 13: Das linke Feld zeigt Koeffizienten und t-Statistiken in Fama-MacBeth Regressionen von standardisierten unerwarteten Gewinnen (SUE) in Bezug auf die implizite Rauheit oder die ATM-Schiefe. Das rechte Feld zeigt die Regression der durchschnittlichen SUE im oberen und unteren Quintil der Aktien, sortiert nach impliziter Rauheit oder ATM-Schiefe.

### 5.1.2 Leistungsstrategie in der Nähe von Gewinnankündigungen

Als nächstes wird die Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie verglichen, wenn diese auf Teilmengen von Aktien basierend auf dem Zeitpunkt der Gewinnankündigungen beschränkt wird. Insbesondere wird die Leistung in drei Fällen bewertet:

- $I^{ea}$ : Sortieren der Aktien mit Ankündigungen im Monat  $t$  basierend auf der Rauheit im Monat  $t - 1$
- $I/I^{ea}$ : Sortieren von Aktien ohne Ankündigung im Monat  $t$  basierend auf der Rauheit im Monat  $t - 1$
- $I^{ea,100}$ : Wie in  $I^{ea}$ , aber nur, wenn mindestens 100 Aktien in  $I$  im Monat  $t$  angekündigt werden

In allen Fällen werden die Portfolios im Monat  $t - 1$  gebildet und die Erträge im Monat  $t$  bewertet. Die Leistungserträge unter diesen Einschränkungen sind im oberen Bereich von

Abbildung 14 dargestellt. Verglichen mit der Spalte ganz rechts in Abbildung 5 verbessert die Beschränkung der Aufmerksamkeit auf die Gewinnankündigungsaktien  $I^{ea}$  die monatlichen Alphas um etwa 40%, von etwa 0,50 auf etwa 0,70. Die geschätzten Alphas sind jetzt nur noch geringfügig signifikant, aber dies kann daran liegen, dass der Stichprobenumfang (also die Anzahl der monatlich verfügbaren Aktien) jetzt kleiner ist. Die Ergebnisse für  $I^{ea,100}$  stützen diese Hypothese: in Monaten mit mindestens 100 verfügbaren Aktien liegt das geschätzte monatliche Alpha über 1,0 und ist signifikant. Wenn dagegen Aktien mit Gewinnankündigungen ausgeschlossen werden, sind die  $I/I^{ea}$  Alphas kleiner als die Alphas in Abbildung 5 und statistisch nicht signifikant.

	Mean Return	CAPM Alpha	FF3Mom Alpha	FF5Mom Alpha
<b>Rough Minus Smooth</b> (implied roughness universe)				
Earnings Announcement Stocks ( $I^{ea}$ )	0.71* [1.71]	0.71* [1.68]	0.70* [1.73]	0.74* [1.72]
EA Stocks – Threshold 100 ( $I^{ea,100}$ )	1.00*** [2.60]	1.03*** [2.67]	1.07*** [2.91]	1.11*** [2.95]
No Earnings Announcement ( $I \setminus I^{ea}$ )	0.30 [1.41]	0.28 [1.23]	0.29 [1.25]	0.29 [1.22]
<b>Long Only</b> (implied roughness universe)				
Earnings Announcement Stocks ( $I^{ea}$ )	0.63* [1.70]	0.12 [0.88]	0.14 [1.08]	0.20 [1.49]
EA Stocks – Threshold 100 ( $I^{ea,100}$ )	0.47 [1.13]	-0.03 [-0.28]	-0.01 [-0.06]	0.09 [0.76]
No Earnings Announcement ( $I \setminus I^{ea}$ )	0.29 [0.81]	-0.22*** [-3.23]	-0.17*** [-2.69]	-0.15** [-2.53]
<b>Long Only</b> (full universe)				
Earnings Announcement Stocks ( $F^{ea}$ )	0.77** [2.23]	0.24** [2.33]	0.21** [2.20]	0.20** [2.12]
No Earnings Announcement ( $F \setminus F^{ea}$ )	0.38 [1.12]	-0.16*** [-2.91]	-0.17*** [-2.79]	-0.18*** [-3.07]

Abbildung 14: Oberstes Panel: Implizite Leistung der Rauheitsstrategie bei Aktien mit Gewinnankündigungen im nächsten Monat ( $I^{ea}$ ), in Monaten mit mindestens 100 Kandidatenaktien ( $I^{ea,100}$ ) und bei Aktien ohne Gewinnmitteilung  $I/I^{ea}$ . Mittleres Panel: nur langfristige Leistungen auf dieselben Aktienpakete. Unterstes Panel: Long-only Vergleich von Aktien mit und ohne Gewinnankündigungen im gesamten Universum der Aktien-Monats-Paare.

Zusammen zeigen die Ergebnisse im oberen Teil der Tabelle, dass die Sortierung nach Rauheit am ehesten bei Aktien mit einem kurzfristigen idiosynkratischen Risiko in Form einer Gewinnankündigung funktioniert. Dies wird so interpretiert, dass eine größere Rauheit ein größeres kurzfristiges Abwärtsrisiko signalisiert und dass dieses Risiko durch einen Preisnachlass und eine anschließende höhere Durchschnittsrendite kompensiert wird. Die Analyse im oberen Panel beschränkt sich notwendigerweise auf das Universum  $I$  der Aktien-Monats-Paare, für die eine implizite Rauheit vorliegt. Als Vergleichsmaßstab zeigt das zweite Panel die Markterträge und Alphas für die eingeschränkten Aktiensets, die im oberen Panel verwendet werden. Das zweite Panel behandelt jedes eingeschränkte Set als ein Long-only-Portfolio. Die untere Zeile zeigt, dass Aktien ohne Gewinnankündigungen geringere Erträge erzielen; die Hauptaussage des zweiten Panels ist jedoch, dass die Ergebnisse im oberen Panel nicht auf die Beschränkungen in den Definitionen von  $I^{ea}$ ,  $I^{ea,100}$  und  $I/I^{ea}$  zurückgeführt werden können. Darüber hinaus sind die durchschnittlichen impliziten  $H$  Werte in diesen drei Sets nahezu identisch. Dieser Punkt wird durch das untere Panel verstärkt. Hier wird die Beschränkung auf  $I$  fallen gelassen und es wird die Leistung auf dem gesamten Aktienuniversum mit Gewinnankündigungen  $F^{ea}$  und ohne  $F/F^{ea}$  verglichen.

Aktien mit Gewinnmitteilungen erzielen höhere Erträge als Aktien ohne Gewinnmitteilungen. Anders ausgedrückt: Investoren werden dafür entschädigt, dass sie das Risiko der Gewinnankündigung tragen. Die Sortierung nach Rauheit identifiziert die Aktien, bei denen diese Risikokompensation am größten ist. Diese Beobachtungen laden zu Spekulationen über die Verluste der impliziten Strategie im September 2001 ein, die bei Abbildung 7 erwähnt wurde. Auf Grundlage von Quintilen, die im August gebildet wurden, würde die Strategie auf langen Aktien beruhen, die mit einer kurzfristigen Abwärtsunsicherheit konfrontiert sind. Diese Aktien haben sich möglicherweise als am anfälligsten für die Störungen und den Schock der Anschläge von 11. September 2001 erwiesen, so dass die Strategie große Verluste hinnehmen musste.

## 5.2 Leistungsstrategie in der Nähe von FOMC-Ankündigungen

Nun zu den Ankündigungen des FOMC, die zu den wichtigsten geplanten Veranstaltungen für den Gesamtmarkt gehören. Tatsächlich stellen Lucca und Moench[27] fest, dass die Übererträge des Aktienmarktes hauptsächlich während des 24-Stunden-Fensters vor der Gewinnankündigung erwirtschaftet werden; in anderen Perioden ist die durchschnittliche Überrendite statistisch nicht von Null verschieden. Wenn, wie angedeutet wurde, die implizite Rauheit die Aktien zu einem kurzfristigen idiosynkratischen Risiko macht, dann sollte man nicht erwarten, dass die erwähnte Strategie im Vorfeld der FOMC-Ankündigungen die Erträge erhöht.

Im Anschluss an Lucca und Moench[27] werden Ankündigungen für die acht geplanten FOMC-Sitzungen pro Jahr erwogen. (Öffentliche Bekanntmachungen begannen 1994, die hier verwendete Stichprobe beginnt im Jahr 2000.) Die Vorankündigungsfrist wird als der Zeitraum vom Handelsschluss am Tag  $d - 2$  bis zum Schlusskurs am Tag  $d$  definiert, wobei  $d$  das Ankündigungsdatum des FOMC bezeichnet. Es wird die Leistung der verwendeten Strategie verglichen, wenn sie sich auf Investitionen innerhalb (oder außerhalb) der Vorankündigungsfrist beschränkt.



Diese Strategie basiert auf monatlichen Daten, so dass diese zeitlichen Einschränkungen einer Erklärung bedürfen. Wenn man sich darauf beschränkt, in Vorankündigungsfristen zu investieren, wird die Leistung nur in den acht Monaten des Jahres mit geplanten Ankündigungen bewertet. In jedem dieser Monate wird der Ertrag für den Monat als der Ertrag für die beiden Tage betrachtet, die den Vorankündigungszeitraum ausmachen. Es können diese Beschränkungen auf Aktien-Monats-Paare des impliziten Rauheitsuniversums angewendet werden, in diesem Fall werden sie als  $I^{preFOMC}$  bezeichnet, und die Beschränkung kann auf das gesamte Universum der Aktien-Monats-Paare angewendet und als  $F^{preFOMC}$  bezeichnet werden.

Die entgegengesetzten Einschränkungen werden mit  $I^{nonFOMC}$  und  $F^{nonFOMC}$  bezeichnet. Für die vier Monate eines jeden Jahres ohne FOMC-Ankündigung ist die „nonFOMC“ Rendite nur die normale monatliche Rendite. Für die anderen acht Monate ist die „non-FOMC“ Rendite, die Rendite für den Monat außerhalb des zweitägigen Vorankündigungszeitraums.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 15 dargestellt, die das gleiche Format wie Abbildung 14 hat. Das obere Feld vergleicht die Rau-Minus-Glatt Strategie mit den „preFOMC“ und „nonFOMC“ Beschränkungen; das zweite Panel zeigt long-only Ergebnisse mit den gleichen Einschränkungen begrenzt auf das Universum der Aktien-Monats-Paare; das untere Feld zeigt long-only Ergebnisse, wenn die Beschränkungen auf das gesamte Universum der Aktien-Monats-Paare angewandt werden.

	Mean Return	CAPM Alpha	FF3Mom Alpha	FF5Mom Alpha
<b>Rough Minus Smooth</b>				
(implied roughness universe)				
pre FOMC ann ( $I^{preFOMC}$ )	0.09 [1.53]	0.11* [1.72]	0.08 [1.40]	0.11* [1.78]
non pre-FOMC ann ( $I^{nonFOMC}$ )	0.43** [2.42]	0.40** [2.16]	0.42** [2.36]	0.43** [2.38]
<b>Long Only</b>				
(implied roughness universe)				
pre FOMC ann ( $I^{preFOMC}$ )	0.41*** [3.20]	0.27* [1.92]	0.33** [2.24]	0.32** [2.12]
non pre-FOMC ann ( $I^{nonFOMC}$ )	0.12 [0.34]	-0.36*** [-3.58]	-0.35*** [-3.25]	-0.30*** [-2.70]
<b>Long Only</b>				
(full universe)				
pre FOMC ann ( $F^{preFOMC}$ )	0.41*** [2.59]	0.26 [1.38]	0.37* [1.81]	0.36* [1.76]
non pre-FOMC ann ( $F^{preFOMC}$ )	0.26 [0.78]	-0.25** [-2.49]	-0.29*** [-2.80]	-0.29*** [-2.66]

Abbildung 15: Oberstes Panel: Implizite Leistung der Rauheitsstrategie in der Vorankündigungsphase ( $I^{preFOMC}$ ) und außerhalb der Vorankündigungsphase ( $I^{nonFOMC}$ ). Mittleres Panel: Long-only Leistung des impliziten Universums  $I$  während der gleichen Zeitspanne. Unterstes Panel: Long-only Leistung des gesamten Universums während derselben Zeiträume.

Eine Sortierung nach der impliziten Rauheit ist in der Vorankündigungsphase, in der alle Aktien einem hohen Grad an kurzfristigem systematischem Risiko ausgesetzt sind, nicht rentabel. Die Rau-Minus-Glatt Strategie verdient ihre Erträge für den Rest des Jahres, weg von der Vorankündigungsphase. Eine größere ATM-Schiefe deutet auf größere Bedenken hinsichtlich des Abwärtsrisikos hin, so dass ein prognostizierter rascher Rückgang der ATM-Schiefe auf Bedenken hinsichtlich des Abwärtsrisikos hindeutet, die rasch beseitigt werden. Wenn man die Ergebnisse dieses Abschnitts zusammen mit denen von Abschnitt 5.1.2. betrachtet, erkennt man, dass die Nähe zu einem unternehmensspezifischen Ereignis die Leistung der Strategie verbessert, während die Nähe zu einem aggregierten Ereignis den gegenteiligen Effekt hat. Dieses Muster deutet darauf hin, dass das kurzfristige Abwärtsrisiko, das durch die implizite Rauheit erfasst wird, idiosynkratisch ist. Darüber hinaus deutet die Profitabilität der Rau-Minus-Glatt Strategie darauf hin, dass Investoren für die Übernahme dieser besonderen Art von Risiko entschädigt werden.

## 6 Schlussfolgerung

Es wurden Strategien für den Handel mit Aktien untersucht, die auf Messungen der Rauheit ihrer Volatilität basieren. Es wurden Long-Short-Strategien auf der Grundlage der realisierten und der impliziten Rauheit verglichen. Beide Maßnahmen unterstützen eine Strategie des Kaufs von Aktien mit rauer Volatilität und des Verkaufs von Aktien mit glatteren Volatilitäten; die Sortierung nach der impliziten Rauheit führt jedoch zu höheren Erträgen und ist robuster für die Kontrolle anderer Faktoren. Insbesondere ist sie robust gegenüber der Kontrolle von Illiquidität und der Höhe der ATM-Schiefe.

Es wurde argumentiert, dass die implizite Rauheit ein Maß für das kurzfristige idiosynkratische Risiko darstellt: Eine Aktie mit größerer impliziter Rauheit ist eine Aktie, bei der der Markt eine Unsicherheit nach unten wahrnimmt, die schnell beseitigt wird. Nach dieser Interpretation spiegelt die Rentabilität der Rau-Minus-Glatt Strategie die Kompensation für die Übernahme dieses Risikos wieder. Die Leistung der erwähnten Strategie wird in der Nähe von Gewinnankündigungen verbessert, wenn Aktien einem erhöhten idiosynkratischen Risiko ausgesetzt sind, und sie wird in der Nähe von FOMC-Ankündigungen unterdrückt, wenn das dominierende kurzfristige Risiko systematisch ist.

Diese Arbeit wirft interessante Frage für den groben Volatilitätsrahmen auf. Ein Teil des Erfolgs dieses Rahmens besteht darin, dass er gleichzeitig Schlüsselmerkmale der realisierten Volatilität und der aus Optionspreisen extrahierte implizite Volatilitätsfläche erklärt. Dennoch werden wichtige Unterschiede bei der Arbeit mit realisierten und impliziten Rauheitsmessungen gefunden. Die Schätzung der beiden Rauheitsmessungen anhand begrenzter Daten ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, so dass unklar ist, ob die beobachteten Unterschiede eine Herausforderung für den theoretischen Rahmen darstellen oder einfach bessere Schätzmethoden erfordern.

## Anhang: Filterung von Optionsdaten

Bei der Berechnung der impliziten Rauheit werden einige Filterregeln angewandt, um die Verwendung fragwürdiger Daten aus illiquiden Optionen zu vermeiden. Es wird weitgehend den Regeln von Xing et al.[17] gefolgt, die in der empirischen Literatur über Optionen durchaus Standard sind. Dazu benötigt man die folgenden Merkmale:

- zugrundeliegendes Aktienvolumen für diesen Tag muss  $> 0$  sein;
- zugrundeliegender Aktienpreis für diesen Tag muss  $> \$5$  sein;
- implizite Volatilität der Option muss  $\geq 3\%$  und  $\leq 200\%$  sein;
- das Open Interest der Option muss  $> 0$  sein;
- das Volumen der Option kann 0 sein, darf aber nicht verfehlt werden;
- die Option hat eine Laufzeit von  $\tau \geq 5$  und  $\tau \leq 365$  Kalendertagen.

Darüber hinaus hat man bei der nichtparametrischen Schätzung der ATM-Schiefe für jede Restlaufzeit  $\tau$  die Mindestanzahl der impliziten Volatilitäten, die zu Messung der ATM-Schiefe für eine bestimmte Restlaufzeit erforderlich sind, auf vier festgelegt. Bei der Durchführung einer Regression der ATM-Schiefe-Struktur zu Schätzung eines impliziten  $H$  wird die folgende Filterregel verwendet: Die minimale Anzahl von ATM-Schiefeläufen entlang der Dimension der Laufzeit beträgt drei, das heißt es muss mindestens drei Punkte in der Regression geben.

$$\log \phi(\tau) = c + \left(H - \frac{1}{2}\right) \log \tau + \epsilon \quad (14)$$

Für jeden Tag werden diese Filter getrennt auf Kauf- und Verkaufsoptionen angewandt. Wenn für eine Aktie sowohl Calls als auch Puts die Filterregeln an einem bestimmten Tag passieren, wird die durchschnittliche implizite Rauheit  $(H^{call} + H^{put})/2$  als implizites Maß an diesem Tag verwendet; andernfalls wird die Art der Option, die die Filter passieren, verwendet und wenn keine der beiden die Filter passiert, wird der Wert als NA für diese Aktie an diesem Tag gekennzeichnet.

Bei der Bildung monatlicher Portfolios müssen die täglichen impliziten Rauheitsmaße zu einem monatlichen Maß geformt werden. Eine Aktie wird nur dann miteinbezogen, wenn sie mehr als 15 nicht-NA tägliche implizite Rauheitsschätzungen für diesen Monat aufweist. Andernfalls wird das implizite Maß für diese Aktie und diesen Monat als NA gesetzt. Diese Einschränkungen definierten das implizite Universum von Aktien-Monats-Paaren.

## Literatur

- [1] Paul Glasserman und Pu He. *Buy Rough, Sell Smooth*. Quantitative Finance, 20(3): 363-378, 2020.
- [2] Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur *Österreichisches Wörterbuch Schulausgabe 41. aktualisierte Auflage*. 2009.
- [3] <https://www.investopedia.com/terms/q/quintile.asp>
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Wienerprozess-Definition>
- [5] <https://unternehmer.de/lexikon/existenzgruender-lexikon/idiosynkrasie>
- [6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Federal-Reserve-System>
- [7] <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/rentabilität/rentabilität.htm>
- [8] <https://www1.vobs.at/maturawiki/index.php/Regression>
- [9] <https://mathepedia.de/Monte-Carlo-Methode.html>
- [10] <https://de.wikipedia.org/wiki/JPMorgan-Chase>
- [11] <https://optionmetrics.com>
- [12] <https://www.arndt-bruenner.de/mathe/scripts/kubspline.htm>
- [13] <https://de.wikipedia.org/wiki/S26P-500>
- [14] <https://en.wikipedia.org/wiki/Center-for-Research-in-Security-Prices>
- [15] <https://www.valuesignals.com/Glossary/Details/Book-To-Market>
- [16] <https://www.federalreserve.gov/monetarypolicy/fomc.htm>
- [17] Y. Xing, X. Zhang, und R. Zhao. *What does the individual option volatility smirk tell us about future equity returns*. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 45:641–662, June 2010.
- [18] J. Gatheral, T. Jaisson, und M. Rosenbaum. *Volatility is rough*. Quantitative Finance, 18(6): 933–949, 2018.
- [19] E. Abi Jaber und O. El Euch. *Multi-factor approximation of rough volatility models*. rXiv preprint arXiv:1801.10359, 2018.
- [20] O. E. Barndorff-Nielsen, P. R. Hansen, A. Lunde, und N. Shephard. *Realized kernels in practice: Trades and quotes*. Econometrics Journal, 12(3):C1–C32, 2009.
- [21] M. Fukasawa. *Asymptotic analysis for stochastic volatility: martingale expansion*. Finance and Stochastics, 15(4):635–654, 2011.

- [22] E. F. Fama und K. R. French. *A five-factor asset pricing model*. The Journal of Financial Economics, 116(1):1–22, 2015.
- [23] W. K. Newey und K. D. West. *A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and auto-correlation consistent covariance matrix*. Econometrica, 55(3):703–708, 1987.
- [24] E. F. Fama und J. D. MacBeth. *Risk, return, and equilibrium: Empirical tests*. Journal of Political Economy, 81(3):607–636, 1973.
- [25] Y. Amihud. *Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects*. Journal of Financial Markets, 5(1):31–56, 2002.
- [26] M. Bennedsen, A. Lunde, und M. S. Pakkanen. *Decoupling the short- and long-term behavior of stochastic volatility*. Working Paper, 2016.
- [27] D. O. Lucca und E. Moench. *The pre-FOMC announcement drift*. The Journal of Finance, LXX(1), 2015.

## Abbildungsverzeichnis

1	JPM implizite Volatilitäten . . . . .	5
2	Laufzeitstruktur der ATM-Schiefe . . . . .	6
3	Monatsdurchschnitte der zusammenfassenden Querschnittsstatistiken . .	7
4	Monatsdurchschnitte der zusammenfassenden Querschnittsstatistiken nach Industriezweigen . . . . .	8
5	Leistung von Portfolios sortiert nach impliziter Rauheit . . . . .	10
6	Leistung von Portfolios sortiert nach realisierter Rauheit . . . . .	11
7	Jährliche Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie basierend auf der impli- ziten Rauheit . . . . .	12
8	Jährliche Leistung der Rau-Minus-Glatt Strategie basierend auf der reali- sierten Rauheit . . . . .	13
9	Realisierte Rauheit und Liquidität . . . . .	15
10	Implizite Rauheit und Liquidität . . . . .	15
11	Leistung von Portfolios mit Rau-Minus-Glatt Struktur . . . . .	17
12	Leistung von Rau-Minus-Glatt Portfolios unter Verwendung realisierter Rauheit . . . . .	18
13	Koeffizienten und t-Statistiken in Fama-MacBeth Regressionen und Re- gression der durchschnittlichen SUE . . . . .	20
14	Aktien mit Gewinnmitteilungen . . . . .	21
15	Implizite Leistung der Rauheitsstrategie in der Vorankündigungsphase . .	23